

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Yoshihiro YAMAZAKI; et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: PREDICTION METHOD AND APPARATUS OF A PROCESSING RESULT

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.

☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed

☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY

APPLICATION NUMBER

MONTH/DAY/YEAR

Japan

2003-067116

March 12, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

☒ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

☐ were filed in prior application Serial No. filed

☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number

Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and

☐ (B) Application Serial No.(s)

☐ are submitted herewith

☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

C. Irvin McClelland  
Registration Number 21,124

日本国特許庁  
JAPAN. PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月12日  
Date of Application:

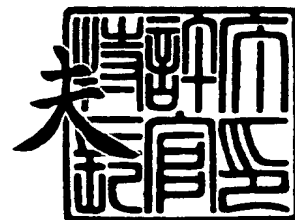
出願番号 特願2003-067116  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2003-067116]

出願人 東京エレクトロン株式会社  
Applicant(s):

2004年 1月30日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 TYL03003

【提出日】 平成15年 3月12日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H01L 21/3065  
G05B 23/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 山▲崎▼ 善裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター  
東京エレクトロン株式会社内

【氏名】 酒井 永典

【特許出願人】

【識別番号】 000219967

【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095957

【弁理士】

【氏名又は名称】 亀谷 美明

【電話番号】 03-5919-3808

【選任した代理人】

【識別番号】 100096389

【弁理士】

【氏名又は名称】 金本 哲男

【電話番号】 03-3226-6631



## 【選任した代理人】

【識別番号】 100101557

【弁理士】

【氏名又は名称】 萩原 康司

【電話番号】 03-3226-6631

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 040224

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9602173

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 処理結果の予測方法及び予測装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 処理装置の処理室内で複数の被処理体を処理する過程で、前記処理装置の運転データと処理結果データに基づいて処理結果を予測する方法であって、

前記被処理体の各処理ごとに得られる運転データと処理結果データを収集するデータ収集工程と、

収集した前記運転データと前記処理結果データに基づいて多変量解析を行って、前記運転データと前記処理結果データとの相関関係を求める第 1 の解析工程と、

前記第 1 の解析工程により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する第 1 の予測工程と、

前記第 1 の予測工程による予測結果に基づいて、前記第 1 の解析工程で使用した各運転データに対する重み係数を設定する重み係数設定工程と、

前記重み係数を対応する各運転データに乗じたものを重み付運転データとし、この重み付運転データと前記処理結果データに基づいて多変量解析を行って、前記重み付運転データと前記処理結果データとの相関関係を求める第 2 の解析工程と、

第 2 の解析工程により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する第 2 の予測工程と、

を有すること特徴とする処理結果の予測方法。

【請求項 2】 前記重み係数設定工程は、前記被処理体の各処理ごとに得られた前記第 1 の予測工程による予測結果の値と実際の処理結果の値とを比較し、

前記第 1 の予測工程による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも大きくなる方へ偏倚したときの運転データの第 1 の寄与度と、小さくなる方へ偏倚したときの運転データの第 2 の寄与度とを求め、

前記第1の寄与度と前記第2の寄与度との差に基づいて重み係数を設定することを特徴とする請求項1に記載の処理結果の予測方法。

【請求項3】 前記第1の寄与度は、前記第1の予測工程による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも大きくなる方へ偏倚したときの運転データの、基準とする運転データに対するコントリビューションであり、前記第2の寄与度は、前記第2の予測工程による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも小さくなる方へ偏倚したときの運転データの、基準とする運転データに対するコントリビューションであることを特徴とする請求項2に記載の処理結果の予測方法。

【請求項4】 前記重み係数設定工程は、前記第1の寄与度と前記第2の寄与度との差が大きいほど小さい重み係数を設定し、前記第1の寄与度と前記第2の寄与度との差が小さいほど大きい重み係数を設定することを特徴とする請求項2又は3に記載の処理結果の予測方法。

【請求項5】 前記重み係数設定工程は、同一の被処理体の運転データに対して異なる基準に基づいて重み係数を複数求め、各重み係数についての重み付運転データごとに多変量解析を行って処理結果を予測し、この予測結果の値が実際の処理結果の値と最も近いときの重み係数を設定することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の処理結果の予測方法。

【請求項6】 前記重み係数設定工程は、重み係数を0又は1に設定することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の処理結果の予測方法。

【請求項7】 前記運転データは、光学データであることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の処理結果の予測方法。

【請求項8】 前記処理結果データは、被処理体の加工寸法であることを特徴とする請求項6に記載の処理結果の予測方法。

【請求項9】 前記多変量解析は、部分最小二乗法であることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載の処理結果の予測方法。

【請求項10】 処理装置の処理室内で複数の被処理体を処理する過程で、前記処理装置の運転データと処理結果データに基づいて処理結果を予測する処理装置であって、

前記被処理体の各処理ごとに得られる運転データと処理結果データを収集する

データ収集手段と、

収集した前記運転データと前記処理結果データに基づいて多変量解析を行って、前記運転データと前記処理結果データとの相関関係を求める第1の解析手段と

前記第1の解析手段により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する第1の予測手段と、

前記第1の予測手段による予測結果に基づいて、前記第1の解析手段で使用した各運転データに対する重み係数を設定する重み係数設定手段と、

前記重み係数を対応する各運転データに乗じたものを重み付運転データとし、この重み付運転データと前記処理結果データに基づいて多変量解析を行って、前記重み付運転データと前記処理結果データとの相関関係を求める第2の解析手段と、

第2の解析手段により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する第2の予測手段と、

を有すること特徴とする処理装置。

【請求項11】 前記重み係数設定手段は、前記被処理体の各処理ごとに得られた前記第1の予測手段による予測結果の値と実際の処理結果の値とを比較し

前記第1の予測手段による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも大きくなる方へ偏倚したときの運転データの第1の寄与度と、小さくなる方へ偏倚したときの運転データの第2の寄与度とを求め、

前記第1の寄与度と前記第2の寄与度との差に基づいて重み係数を設定することを特徴とする請求項10に記載の処理装置。

【請求項12】 前記第1の寄与度は、前記第1の予測手段による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも大きくなる方へ偏倚したときの運転データの、基準とする運転データに対するコントリビューションであり、前記第2の寄与度は、前記第2の予測手段による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも小さく

なる方へ偏倚したときの運転データの、基準とする運転データに対するコントリビューションであることを特徴とする請求項 11 に記載の処理装置。

【請求項 13】 前記重み係数設定手段は、前記第 1 の寄与度と前記第 2 の寄与度との差が大きいほど小さい重み係数を設定し、前記第 1 の寄与度と前記第 2 の寄与度との差が小さいほど大きい重み係数を設定することを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の処理装置。

【請求項 14】 前記重み係数設定手段は、同一の被処理体の運転データに対して異なる基準に基づいて重み係数を複数求め、各重み係数についての重み付運転データごとに多変量解析を行って処理結果を予測し、この予測結果の値が実際の処理結果の値と最も近いときの重み係数を設定することを特徴とする請求項 10～13 のいずれかに記載の処理装置。

【請求項 15】 前記重み係数設定手段は、重み係数を 0 又は 1 に設定することを特徴とする請求項 10～14 のいずれかに記載の処理装置。

【請求項 16】 前記運転データは、光学データであることを特徴とする請求項 10～15 のいずれかに記載の処理装置。

【請求項 17】 前記処理結果データは、被処理体の加工寸法であることを特徴とする請求項 15 に記載の処理装置。

【請求項 18】 前記多変量解析は、部分最小二乗法であることを特徴とする請求項 10～17 のいずれかに記載の処理装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体製造装置で処理するウエハなどの被処理体や装置状態の処理結果の予測方法及び処理装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

半導体製造工程では種々の処理装置が用いられている。例えば半導体ウエハやガラス基板等の被処理体の成膜工程やエッチング工程ではプラズマ処理装置などの処理装置が広く使用されている。例えばプラズマ処理装置では、気密な処理室



内に導入した処理ガスをプラズマ化して被処理体例えば半導体ウエハの表面をプラズマ処理する。従って、プラズマ処理を繰返すうちに、プラズマによる反応生成物などが発生して処理室の内壁に付着するなどによりプラズマ状態が微妙に変化する。このようなプラズマ状態の変化はエッチングによるウエハの処理結果に影響するため、常に安定した処理を行うためには、この処理結果を監視する必要がある。

#### 【0003】

このため、例えばテストウエハを予め作製し、テストウエハに対して定期的にエッチング処理を行い、その処理結果（例えば、テストウエハの削れ量等）に基づいてその時々処理装置の状態を判断するものもある。

#### 【0004】

しかしながら、テストウエハに基づいてその時々処理装置の状態を判断するものでは、多くのテストウエハを作製する必要がある。しかも処理装置を用いて多くのテストウエハを処理し、その都度それぞれの処理結果を測定する必要があるため、テストウエハの作製及び処理結果の測定に多くの工数と時間を割かなくてはならないという問題があった。

#### 【0005】

また、特許文献1に記載の技術のようにプラズマ処理装置のプロセスモニタ方法も提案されている。この方法は、処理前に試用ウエハを用いてプラズマ状態を反映する電気的信号とプラズマ処理特性を関連づけるモデル式を作成し、実ウエハを処理する時に得られる電気的信号の検出値をモデル式に代入してプラズマ処理特性を予測している。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平10-125660号公報

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような予測方法においては、プラズマ処理特性を予測することができる点で優れているものの、実際にモデル式を作成する際に使用する電

氣的信号の検出値などのデータによっては、高精度の予測を行うには十分ではない場合もあり、更なる改善が必要である。

【0008】

例えばモデル式を作成する際に使用するデータの中には、実測値に対して予測値を悪化させる方向へ寄与するデータも存在する。このような場合に、モデル式を作成する際に使用するデータを選択せずに、すべてのデータを使用すると予測結果がかえって悪くなることもある。

【0009】

そこで、本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、多変量解析により運転データと処理結果データとの相関関係（回帰式、モデル）を求めて、他の被処理体を処理したときの処理結果を予測する際に、予測精度を向上させることができる処理結果の予測方法および処理装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の第1の観点によれば、処理装置の処理室内で複数の被処理体を処理する過程で、処理装置の運転データと処理結果データに基づいて処理結果を予測する方法であって、被処理体の各処理ごとに得られる運転データと処理結果データを収集するデータ収集工程と、収集した運転データと処理結果データに基づいて多変量解析を行って、運転データと処理結果データとの相関関係を求める第1の解析工程と、第1の解析工程により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する第1の予測工程と、第1の予測工程による予測結果に基づいて、第1の解析工程で利用した各運転データに対する重み係数を設定する重み係数設定工程と、重み係数を対応する各運転データに乗じたものを重み付運転データとし、この重み付運転データと処理結果データに基づいて多変量解析を行って、重み付運転データと処理結果データとの相関関係を求める第2の解析工程と、第2の解析工程により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を

する第2の予測工程とを有すること特徴とする処理結果の予測方法が提供される。

#### 【0011】

上記課題を解決するために、本発明の第2の観点によれば、処理装置の処理室内で複数の被処理体を処理する過程で、処理装置の運転データと処理結果データに基づいて処理結果を予測する処理装置であって、被処理体の各処理ごとに得られる運転データと処理結果データを収集するデータ収集手段と、収集した運転データと処理結果データに基づいて多変量解析を行って、運転データと処理結果データとの相関関係を求める第1の解析手段と、第1の解析手段により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する第1の予測手段と、第1の予測手段による予測結果に基づいて、第1の解析手段で利用した各運転データに対する重み係数を設定する重み係数設定手段と、重み係数を対応する各運転データに乗じたものを重み付運転データとし、この重み付運転データと処理結果データに基づいて多変量解析を行って、重み付運転データと処理結果データとの相関関係を求める第2の解析手段と、第2の解析手段により求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得た被処理体以外の被処理体を処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する第2の予測手段とを有すること特徴とする処理装置が提供される。

#### 【0012】

本発明の第1の観点及び第2の観点によれば、収集した運転データを用いて第1の予測（予備予測）を行い、この第1の予測による予測結果に基づいて重み係数を設定して、重み付運転データとした上で、第2の予測（本予測）を行って予測値を算出するので、運転データのうち第1の予測（予備予測）で予測結果に悪い影響を与えた運転データの影響をなくして又は低減して第2の予測（本予測）を行うことができる。これにより、予測精度を向上させることができる。

#### 【0013】

また、上記予測方法及び処理装置において、発明重み係数を設定する際は、被処理体の各処理ごとに得られた第1の予測による予測結果の値と実際の処理結果の値とを比較し、第1の予測による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも大

きくなる方へ偏倚したときの運転データの第1の寄与度と、小さくなる方へ偏倚したときの運転データの第2の寄与度とを求め、第1の寄与度と第2の寄与度との差に基づいて重み係数を設定するようにしてもよい。

【0014】

また、より詳細には上記第1の寄与度は、第1の予測工程による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも大きくなる方へ偏倚したときの運転データの、基準とする運転データに対するコントリビューションであり、上記第2の寄与度は、第2の予測工程による予測結果の値が実際の処理結果の値よりも小さくなる方へ偏倚したときの運転データの、基準とする運転データに対するコントリビューションであってもよい。

【0015】

これによれば、予測値が実測値よりも大きくなる方へ偏倚する場合のみならず、小さくなる方へ偏倚した場合も含めて予測結果を補正することができるので、全体として適切な重み係数を設定することができる。

【0016】

また、重み係数の設定として、より具体的には、例えば第1の寄与度と第2の寄与度との差が大きいほど小さい重み係数を設定し、第1の寄与度と第2の寄与度との差が小さいほど大きい重み係数を設定するようにしてもよい。

【0017】

このように重み係数を設定することにより、第1の予測（予備予測）で予測精度に大きく影響を与えていた運転データほど第2の予測（本予測）では予測精度に与える影響を軽減することができる。

【0018】

また、重み係数を設定する際は、同一の被処理体の運転データに対して異なる基準に基づいて重み係数を複数求め、各重み係数についての重み付運転データごとに多変量解析を行って処理結果を予測し、この予測結果の値が実際の処理結果の値と最も近いときの重み係数を設定するようにしてもよい。これにより、重み係数をより適切な値に設定することができ、予測精度も一層向上させることができる。

**【0019】**

また、重み係数を0又は1に設定するようにしてもよい。これによれば、重み係数を0とした運転データは削除したことになり、重み係数を1とした運転データは採用したことになる。これにより、重み係数を0とした運転データについては、予測精度への影響をなくすることができる。

**【0020】**

また、運転データは例えば波長の発光スペクトル強度などの光学データであってもよい。これにより、予測結果に悪い影響を与える波長のデータを削除又は軽減して被処理体の処理結果を予測することができる。

**【0021】**

また、処理結果データは、例えばエッチング処理によって形成された形状の寸法など被処理体の加工寸法であってもよい。これにより、計測に時間と手間がかかる加工寸法を精度よく予測することによって、加工寸法の監視を簡単に行うことができる。また被処理体の全枚数についても加工寸法を精度よく予測することができるため、適切な監視を行うことができる。

**【0022】**

また、多変量解析は、部分最小二乗法（PLS法）を用いてもよい。このようなPLS法を用いることにより、運転データが多数あっても運転データと処理結果データの相関関係である関係式を容易に求めることができる。

**【0023】****【発明の実施の形態】**

以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかる処理結果の予測方法の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

**【0024】****（処理装置）**

まず、第1の実施形態のプラズマエッチング装置としてマグネトロン反応性エッチング処理装置（以下、「処理装置100」と称す。）について説明する。こ

の処理装置 100 は例えば図 1 に示すように、アルミニウム製の処理室 101 と、この処理室 101 内に配置された下部電極 102 を絶縁材 102A を介して支持する昇降可能なアルミニウム製の支持体 103 と、この支持体 103 の上方に配置され且つプロセスガスを供給し且つ上部電極を兼ねるシャワーヘッド（以下では、必要に応じて「上部電極」とも称す。）104 とを備えている。上部電極 104 は、絶縁材 104C を介して処理室 101 と絶縁されている。

#### 【0025】

上部電極 104 には、第 1 の高周波電源 104E が接続されており、その給電線には整合器 104D が介挿されている。この第 1 の高周波電源 104E は、50～150MHz の範囲の周波数を有している。このように高い周波数の電力を印加することにより、処理室 101 内に好ましい解離状態でかつ高密度のプラズマを形成することができ、従来より低圧条件下のプラズマ処理が可能となる。この第 1 の高周波電源 104 の周波数は、50～80MHz が好ましく、典型的には図示した 60MHz またはその近傍の周波数が採用される。

#### 【0026】

上部電極 104 には、処理室 101 内のプラズマ発光を検出する分光器（以下、「光学計測器」と称す。）120 が設けられている。この光学計測器 120 から検出される波長の発光スペクトル強度は光学データとして用いられる。

#### 【0027】

上記処理室 101 は上部が小径の上室 101A として形成され、下部が大径の下室 101B として形成されている。上室 101A はダイポールリング磁石 105 によって包囲されている。このダイポールリング磁石 105 は複数の異方性セグメント柱状磁石がリング状の磁性体からなるケーシング内に収納されて配置され、上室 101A 内で全体として一方向に向かう一様な水平磁界を形成する。下室 101B の上部にはウエハ W を搬出入するための出入口が形成され、この出入口にはゲートバルブ 106 が取り付けられている。

#### 【0028】

下部電極 102 には、電気計測器（例えば VI プロブ）107C、整合器 107A、電力計 107B を介して第 2 の高周波電源 107 が接続されている。こ

の第2の高周波電源107は数百kHz～十数MHzの範囲の周波数を有している。このような範囲の周波数を印加することにより、被処理体であるウエハWに対してダメージを与えることなく適切なイオン作用を与えることができる。第2の高周波電源107の周波数は、典型的には図示した13.56MHzまたは2MHz等の周波数が採用される。

#### 【0029】

整合器107A内には、下部電極3側（高周波電圧の出力側）の高周波（RF）電圧 $V_{pp}$ を測定する測定器（図示せず）を備える。整合器107Aは具体的には例えば2個の可変コンデンサC1, C2, コンデンサC及びコイルLを内蔵し、可変コンデンサC1, C2を介してインピーダンス整合を取っている。

#### 【0030】

整合器107Aは電力計107aを備え、この電力計107aにより第2の高周波電力の供給ライン（電線）と処理装置100のグランド（接地）との間の電圧 $V_{dc}$ を計測することができる。

#### 【0031】

整合器107Aの下部電極102側（高周波電力の出力側）に接続された電力計107Bにより、第2の高周波電源107からの第2の高周波電力Pが測定される。上室101A内ではプロセスガスを介して高周波電源107による電界とダイポールリング磁石105による水平磁界とでマグネトロン放電が生成され、上室101A内に供給されるプロセスガスのプラズマが生成される。

#### 【0032】

なお、上室101A内に発生するプラズマに基づく基本波（高周波電力の進行波及び反射波）及び高調波の高周波電圧V, 高周波電流I, 高周波位相P, インピーダンスZは、上記電気計測器（例えばVIプローブ）107Cを介して下部電極102に印加される高周波電力Pにより、電氣的データとして検出することができる。

#### 【0033】

下部電極102の上面には、静電チャック108が配置され、この静電チャック108の電極板108Aには直流電源109が接続されている。このような静

電チャック 108 によれば、高真空下で直流電源 109 から電極板 108 A に高電圧を印加することにより、ウエハ W を静電吸着することができる。この静電チャック 108 の電極板 108 A と直流電源 109 との間には、静電チャック 108 の印加電流、印加電圧を検出する電力計 109 a が接続されている。

#### 【0034】

下部電極 102 の外周には、フォーカスリング 110 a が配置され、上室 101 A 内で生成したプラズマをウエハ W に集める。フォーカスリング 110 a の下側には支持体 103 の上部に取り付けられた排気リング 111 が配置されている。この排気リング 111 には複数の孔が全周に渡って周方向等間隔に形成され、これらの孔を介して上室 101 A 内のガスを下室 101 B へ排気する。

#### 【0035】

上記支持体 103 はボールネジ機構 112 及びベローズ 113 を介して上室 101 A と下室 101 B 間で昇降可能になっている。従って、ウエハ W を下部電極 102 上に供給する場合には、支持体 103 を介して下部電極 102 が下室 101 B まで下降し、ゲートバルブ 106 を開放して図示しない搬送機構を介してウエハ W を下部電極 102 上に供給する。

#### 【0036】

支持体 103 の内部には冷媒配管 114 に接続された冷媒流路 103 A が形成され、冷媒配管 114 を介して冷媒流路 103 A 内で冷媒を循環させ、ウエハ W を所定の温度に調整する。

#### 【0037】

支持体 103、絶縁材 102 A、下部電極 102 及び静電チャック 108 にはそれぞれガス流路 103 B が形成され、ガス導入機構 115 からガス配管 115 A を介して静電チャック 108 とウエハ W 間の細隙に例えば He ガスを所定の圧力でバックサイドガスとして供給し、He ガスを介して静電チャック 108 とウエハ W 間の熱伝導性を高めている。バックサイドガスの圧力は圧力センサ（図示せず）を検出し、その検出値を圧力計 115 B に表示する。尚、116 はベローズカバーである。またガス導入機構 115 には例えばマスフローコントローラ（図示せず）が設けられており、このマスフローコントローラによりバックサイド



ガスのガス流量を検出することができる。

#### 【0038】

上記シャワーヘッド104の上面にはガス導入部104Aが形成され、このガス導入部104Aには配管117を介してプロセスガス供給系118が接続されている。プロセスガス供給系118は、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガス供給源118A、O<sub>2</sub>ガス供給源118D、Arガス供給源118Gを有している。

#### 【0039】

これらのガス供給源118A、118D、118Gはそれぞれバルブ118B、118E、118H及びマスフローコントローラ118C、118F、118Iを介してそれぞれのガスを所定の流量でシャワーヘッド104へ供給し、その内部で所定の配合比を持った混合ガスとして調整する。シャワーヘッド104の下面には複数の孔104Bが全面に渡って均等に配置され、これらの孔104Bを介してシャワーヘッド104から上室101A内へ混合ガスをプロセスガスとして供給する。

#### 【0040】

尚、図1において、101Cは排気管、119は排気管101Cに接続された真空ポンプ等からなる排気系である。排気管101Cには、APC (Auto Pressure Controller) バルブ101Dが設けられており、処理室101内のガス圧力に即してAPCバルブの開度が自動的に調節される。

#### 【0041】

(多変量解析装置)

上記処理装置100は、例えば図2に示すように運転データ及び処理結果データを統計的に処理する多変量解析装置200と、処理結果データを入力すると共に解析結果等の情報を出力する入出力装置220とを備える。処理装置100は多変量解析装置200を介して運転データ及び処理結果データを多変量解析して両者の相関関係を求めた後、必要に応じて解析結果等の情報を入出力装置220から出力する。

#### 【0042】

上記多変量解析装置200は、運転データ記憶部202、処理結果データ記憶

部 204, 多変量解析プログラム記憶部 206, 多変量解析処理部 208 及び多変量解析結果記憶部 210 を備える。

#### 【0043】

上記運転データ記憶部 202 は運転データを記憶する手段を構成し, 上記処理結果データ記憶部 204 は処理結果データを記憶する手段を構成する。多変量解析処理部 208 は運転データと処理結果データとの相関関係 (例えば予測式, 回帰式) を求める手段と相関関係に基づいて処理結果を予測する手段を構成する。多変量解析結果記憶部 210 は多変量解析処理部 208 により求めた相関関係を記憶する手段を構成する。

#### 【0044】

上記多変量解析装置 200 は例えば多変量解析プログラム記憶部 206 からのプログラムに基づいて動作するマイクロプロセッサなどで構成してもよい。上記運転データ記憶部 202, 処理結果データ記憶部 204, 多変量解析結果記憶部 210 はそれぞれメモリなどの記録手段で構成してもよく, またハードディスクなどの記録手段にそれぞれのメモリ領域を設けて構成してもよい。

#### 【0045】

多変量解析装置 200 は, 運転データ及びプロセス特性データの入力によりそれぞれのデータを運転データ記憶部 202 及び処理結果データ記憶部 204 で記憶した後, これらのデータ及び多変量解析プログラム記憶部 206 のプログラムを多変量解析処理部 208 に取り出し, 多変量解析処理部 208 において運転データ及びプロセス特性データの多変量解析を行い, その処理結果を多変量解析結果記憶部 210 で記憶する。

#### 【0046】

ここで, 運転データとはウエハ W を処理する際の処理装置 100 に付設された複数の測定器それぞれから得られる検出データを意味し, 処理結果データとはウエハ W を処理した結果得られるウエハ W に関するプロセス特性データ, 処理室 101 内の状態に関する装置状態データを意味する。運転データはウエハ W を処理する間に間欠的に測定し, 処理結果データはウエハの処理後に必要に応じて測定する。これらの測定結果はそれぞれの記憶部 202, 204 に記憶される。

## 【0047】

本実施形態では、運転データと処理結果データの相関関係を求める関係上、運転データとして処理結果に影響し易いデータを用いることが好ましい。本実施形態では運転データとして光学データを用いている。光学データとしては、上述した光学計測器120から検出される波長の発光スペクトル強度を用いる。具体的には例えば195～955nmの範囲において5nm間隔の153波長の発光スペクトル強度を用いる。使用する各波長の発光スペクトル強度は、1枚のウエハをエッチング処理したときの平均値とする。本発明においては、運転データとして収集した光学データのうち、予測精度に悪い影響を与える波長のデータを除いて多変量解析を行う。多変量解析に用いるデータを選択する方法の詳細は後述する。

## 【0048】

また、処理結果データのうちプロセス特性データとしては、例えばウエハWをエッチング処理して形成された形状の所定寸法などエッチングに関するデータを用いる。本実施形態では、処理結果データとしてエッチング処理により形成されたホールのCDシフト量を用いている。例えばウエハ上に形成された図3に示すような膜構造300に対してエッチング処理を行う。この膜構造300はシリコン酸化膜（例えばSiO<sub>2</sub>膜）302上にマスク層304を形成して構成されたものである。この膜構造300に所定のエッチング処理を施すことにより、シリコン酸化膜302にホール306を形成する。このホール306の底部の線幅Sをエッチング後に計測し、この計測値と目標値（設計値）との差をCDシフト量とする。各ウエハのエッチング処理後にCDシフト量を求めて、これを処理結果データとして処理結果データ記憶部204に記憶する。

## 【0049】

本実施形態において上記多変量解析装置200は、複数種の運転データを説明変量（説明変数）とし、プロセス特性データを被説明変量（目的変量、目的変数）とする下記①の関係式（回帰式などの予測式、モデル）を多変量解析プログラムを用いて求める。下記①の回帰式において、Xは説明変量の行列を意味し、Yは被説明変量の行列を意味する。また、Bは説明変量の係数（重み）からなる回

帰行列であり、Eは残差行列である。

【0050】

$$Y = B X + E \cdots \textcircled{1}$$

【0051】

本実施形態において上記①を求める際には、例えばJOURNAL OF CHEMOMETRICS, VOL. 2 (PP211-228) (1998)に掲載されているPLS (Partial Least Squares)法を用いている。このPLS法は、行列X、Yそれぞれに多数の説明変量及び被説明変量があってもそれぞれの少数の実測値があればXとYの関係式を求めることができる。しかも、少ない実測値で得られた関係式であっても安定性及び信頼性の高いものであることもPLS法の特徴である。

【0052】

多変量解析プログラム記憶部206にはPLS法用のプログラムが記憶され、多変量解析処理部208において運転データ及びプロセス特性データをプログラムの手順に従って処理し、上記①式を求め、この結果を多変量解析結果記憶部210で記憶する。従って、第1の実施形態では上記①式を求めれば、後は運転データを説明変量として行列Xに当てはめることによってプロセス特性を予測することができる。しかもこの予測値は信頼性の高いものになる。

【0053】

例えば、 $X^T Y$ 行列に対してi番目の固有値に対応する第i主成分は $t_i$ で表される。行列Xはこの第i主成分の得点 $t_i$ とベクトル $p_i$ を用いると下記の②式で表され、行列Yはこの第i主成分の得点 $t_i$ とベクトル $c_i$ を用いると下記の③式で表される。なお、下記の②式、③式において、 $X_{i+1}$ 、 $Y_{i+1}$ はX、Yの残差行列であり、 $X^T$ は行列Xの転置行列である。以下では指数Tは転置行列を意味する。

【0054】

$$X = t_1 p_1 + t_2 p_2 + t_3 p_3 + \cdots + t_i p_i + X_{i+1} \cdots \textcircled{2}$$

【0055】

$$Y = t_1 c_1 + t_2 c_2 + t_3 c_3 + \cdots + t_i c_i + Y_{i+1} \cdots \textcircled{3}$$

【0056】

而して、第1の実施形態で用いられるPLS法は、上記式②、③を相関させた場合の複数の固有値及びそれぞれの固有ベクトルを少ない計算量で算出する手法である。

#### 【0057】

PLS法は以下の手順で実施される。先ず第1段階では、行列 $X$ 、 $Y$ のセンタリング及びスケーリングの操作を行う。そして、 $i = 1$ を設定し、 $X_1 = X$ 、 $Y_1 = Y$ とする。また、 $u_1$ として行列 $Y_1$ の第1列を設定する。尚、センタリングとは各行の個々の値からそれぞれの行の平均値を差し引く操作であり、スケーリングとは各行の個々の値をそれぞれの行の標準偏差で除する操作（処理）である。

#### 【0058】

第2段階では、 $w_i = X_i^T u_i / (u_i^T u_i)$ を求めた後、 $w_i$ の行列式を正規化し、 $t_i = X_i w_i$ を求める。また、行列 $Y$ についても同様の処理を行って、 $c_i = Y_i^T t_i / (t_i^T t_i)$ を求めた後、 $c_i$ の行列式を正規化し、 $u_i = Y_i c_i / (c_i^T c_i)$ を求める。

#### 【0059】

第3段階では $X$ ローディング（負荷量） $p_i = X_i^T t_i / (t_i^T t_i)$ 、 $Y$ 負荷量 $q_i = Y_i^T u_i / (u_i^T u_i)$ を求める。そして、 $u$ を $t$ に回帰させた $b_i = u_i^T t_i / (t_i^T t_i)$ を求める。次いで、残差行列 $X_i = X_i - t_i p_i^T$ 、残差行列 $Y_i = Y_i - b_i t_i c_i^T$ を求める。そして、 $i$ をインクリメントして $i = i + 1$ を設定し、第2段階からの処理を繰返す。これら一連の処理をPLS法のプログラムに従って所定の停止条件を満たすまで、あるいは残差行列 $X_{i+1}$ がゼロに収束するまで繰返し、残差行列の最大固有値及びその固有ベクトルを求める。

#### 【0060】

PLS法は残差行列 $X_{i+1}$ の停止条件またはゼロへの収束が速く、10回程度の計算の繰返すだけで残差行列が停止条件またはゼロに収束する。一般的には4～5回の計算の繰返しで残差行列が停止条件またはゼロへの収束する。この計算処理によって求められた最大固有値及びその固有ベクトルを用いて $X^T Y$ 行

列の第1主成分を求め、X行列とY行列の最大の相関関係を知ることができる。

### 【0061】

(処理装置の動作)

次に、上記処理装置100の動作を説明する。本実施形態ではまず多変量解析によってプロセス特性を予測するための上記①式を求めた後、所定のウエハWを処理する。ウエハWの処理段階では任意の時点における運転データを①式に当てはめることでその時のプロセス特性を予測することができる。

### 【0062】

処理装置100の運転を開始すると、支持体103がボールネジ機構112を介して処理室101の下室101Bまで下降すると共に、ゲートバルブ106が開放した出入口からウエハWを搬入して下部電極102上に載置する。ウエハWの搬入後、ゲートバルブ106が閉じると共に排気系119が作動して処理室101内を所定の真空度に維持する。この際、ガス導入機構115からHeガスをバックガスとしてセンタ圧力13.3hPa、エッジ圧力59.9hPaで供給し、ウエハWと下部電極102、具体的には静電チャック108とウエハW間の熱伝導性を高めてウエハWの冷却効率を高める。また、上部電極の温度を60℃、下部電極の温度を40℃、側壁の温度を60℃にする。

### 【0063】

一方、プロセスガス供給系118から処理ガスを供給する。具体的にはC<sub>5</sub>F<sub>8</sub>ガス、O<sub>2</sub>ガス、Arガスをそれぞれ12sccm/20sccm/1300sccmのガス流量比で供給する。この時の処理室101内の圧力は例えば4.7Paである。この状態で、上部電極104には例えば高周波電源104Eから60MHzの高周波電力を2800Wで印加し、下部電極102には例えば高周波電源107から13.56MHzの高周波電力を3660Wで印加する。これにより、ダイポールリング磁石105の作用と相俟ってマグネトロン放電が発生し、プロセスガスのプラズマを生成してウエハWの酸化膜をエッチングする。エッチング終了後には搬入時とは逆の操作で処理後のウエハWを処理室101内から搬出し、後続のウエハWに対して同様の処理を繰り返し、所定の枚数を処理して一連の処理を終了する。そして、多変量解析によりモデルを作成する際に用い

るテストウエハについては、各ウエハWのCDシフト量を求め、このCDシフト量を処理結果データとする。

#### 【0064】

(処理結果の予測方法)

次に、こうして得られる運転データ及び処理結果データを用いて実際の処理結果を予測する方法について説明する。

#### 【0065】

(第1の予測：予備予測)

先ず、得られた運転データ及び処理結果データを用いて予測を行う。すなわち運転データと処理結果データに基づいて多変量解析を行って、運転データと処理結果データとの相関関係（PLS法による回帰式①）を求める（第1の解析工程，第1の解析手段）。本実施形態では、先ず上記PLS法による回帰式①の説明変数Xとしてウエハをエッチング処理したときの各ウエハごとの発光スペクトル強度を用い、処理結果データとして上記エッチング処理によって形成されたホールのCDシフト量を用いて、上記PLS法による回帰式①を求める。

#### 【0066】

次いで、求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得たウエハ以外のウエハを処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する（第1の予測工程，第1の予測手段）。

#### 【0067】

具体的には1枚目～15枚目のウエハをエッチング処理したときの光学データ及びCDシフト量をトレーニングデータとして上記PLS法により回帰式①を求める。

#### 【0068】

次に16枚目～30枚目のウエハをエッチング処理したときの光学データを収集し、これを回帰式①に当てはめてCDシフト量の予測値を求める。こうして得られたCDシフト量の予測値とCDシフト量の実測値と比較した結果を図4に示す。図4においては縦軸にCDシフト量を取り、横軸にウエハの処理枚数をとっている。図4によれば、1枚目～15枚目は、予測値が実測値とほぼ一致してい

る。これは1枚目～15枚目のデータを用いて回帰式①を求めたからである。17枚目（NO. 17）、24枚目（NO. 24）では、予測値が実測値に対して比較的大きく偏倚し、予測精度が悪くなっていることがわかる。

#### 【0069】

（運転データの選択）

次に、上記第1の解析工程により得られた予測結果（例えば図4に示す予測結果）に基づいて、例えば図4に示す17枚目、24枚目のウエハのように予測精度が悪くなった部分の運転データの中から予測精度に悪い影響を与えた運転データを除いて再度多変量解析を行う。なお、このとき運転データの各波長データを重み付運転データとし、予測精度に悪い影響を与える波長データの重みを小さくすることにより、予測精度に与える影響を抑えるようにしてもよい。

#### 【0070】

ここで、重み付運転データの具体例を説明する。上記PLS法による回帰式（①の関係式）における説明変数Xとして運転データを用いる場合、各運転データに重み係数を乗じて重み付運転データとし、この重み付運転データを説明変数Xとする。例えば説明変数Xとして波長 $\lambda_1 \sim \lambda_m$ までの光学データを用いる場合、t枚目のウエハを処理したときの光学データをデータt（ $t = 1 \sim i$ ）とすると、Xは光学データ $x(t)$ と重みベクトル $F(t)$ を用いて次の④式のように表すことができる。

#### 【0071】

$$X = F(t) \cdot x(t) \quad \dots \textcircled{4}$$

#### 【0072】

ここで、 $x(t)$ 、 $F(t)$ はそれぞれ次の⑤式、⑥式のように表すことができる。本実施形態では光学データとして195～955nmの範囲において5nm間隔の153波長の発光スペクトル強度を用いているので、 $x_{\lambda_1} \sim x_{\lambda_m}$ にはこれらの波長の発光スペクトル強度がそれぞれ当てはめられる。



【0073】

$$x(t) = (x_{\lambda 1}(t), x_{\lambda 2}(t), \dots, x_{\lambda m}(t))^T = \begin{pmatrix} x_{\lambda 1}(0) & x_{\lambda 2}(0) & \dots & x_{\lambda m}(0) \\ x_{\lambda 1}(1) & x_{\lambda 2}(1) & \dots & x_{\lambda m}(1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{\lambda 1}(i) & x_{\lambda 2}(i) & \dots & x_{\lambda m}(i) \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} (\text{データ 1 のスペクトル}) \\ (\text{データ 2 のスペクトル}) \\ \vdots \\ (\text{データ } i \text{ のスペクトル}) \end{pmatrix}^T \quad \dots \textcircled{5}$$

【0074】

$$F(t) = \{f_{\lambda 1}(1), f_{\lambda 2}(2), \dots, f_{\lambda m}(t)\} \quad \dots \textcircled{6}$$

【0075】

このような重み付運転データでは、重みを0にすればその重みに対応する運転データを取除くことができ、重みを1にすればその重みに対応する運転データを採用することができる。また重みを0～1の範囲で大きくしたり小さくしたりすることにより、その重みに対応する運転データの回帰式①への影響を制御することができる。例えば予測精度に悪い影響を与える波長データの重みを小さくして回帰式①への影響を抑えることもできる。

【0076】

次に、上記重み付運転データの重み係数を設定する方法について説明する。ここでは、第1の予測による予測結果に基づいて、第1の解析で使用した各運転データに対する重み係数を設定する（重み係数設定工程、重み係数設定手段）。具体的には、第1の予測による予測結果において、予測値が実測値よりも大きくなる方へ偏倚したときの運転データの第1の寄与度（又は寄与率）と、予測値が実測値よりも小さくなる方へ偏倚したときの運転データの第2の寄与度（又は寄与率）とを求め、これら第1の寄与度と第2の寄与度との差に基づいて重み係数を設定する。

【0077】

上記寄与度（Contribution：寄与度その他、寄与率という場合もある）とは、一般に、ある一組の複合的な統計事象を対象とする統計数値の時系列において、特定の内訳の変化が全体の変化にどの程度の寄与をしているかを示す比率として用いるものである。本実施形態では寄与度（Contribution）は、基準とする運転デ

ータ（発光データ）と任意の運転データとの差を各変数別（例えば波長成分別）に算出したもので、規格化された回帰係数を積算したものである。

#### 【0078】

ここで、重み付運転データとして重み付光学データを用いる場合における重み係数設定方法を説明する。例えば図4に示す第1の予測による予測結果よれば、17枚目のウエハ（NO. 17）では予測値が実測値よりも小さくなる方向へ最も大きく偏倚しており、24枚目のウエハ（NO. 24）では予測値が実測値よりも大きくなる方向へ最も大きく偏倚している。これに対して、22枚目のウエハ（NO. 22）では、予測値が実測値と一致している。従って、この22枚目のウエハ（NO. 22）をエッチング処理したときの光学データを基準として各寄与度を求める。

#### 【0079】

上記各寄与度を棒グラフで表したものをそれぞれ図5、図6に示す。図5は、17枚目のウエハ（NO. 17）の光学データから22枚目のウエハ（NO. 22）の光学データを引算して寄与度を求めたものである。図6は、24枚目のウエハ（NO. 17）の光学データから22枚目のウエハ（NO. 22）の光学データを引算して寄与度を求めたものである。

#### 【0080】

図5、図6においては、縦軸に寄与度を取り、横軸に波長をとっている。なお、図5、図6では、光学データの各波長のデータのうち飽和波長のデータは予め除いている。飽和波長とは、光学計測器120における測定限界、すなわち発光量が飽和状態となり、正しく発光量を測定できていない波長のことをいう。このようなデータは予測に用いるのは適切でないため、光学データから除いている。飽和波長か否かは、例えばエッチング処理中において、その波長の発光量の数値が9秒以上一定値を示したものを飽和波長とする。

#### 【0081】

図5、図6では、寄与度が大きい波長のデータほど、その予測結果に寄与していることになる。例えば図5では、波長395nmの発光スペクトル強度のデータが最も大きく予測結果に寄与している。従って、予測結果を悪くする方向へ寄

与したものがわかるので、このようなデータを削除すれば、PLS法により予測し直すことにより、予測結果がよくなるものと考えられる。

#### 【0082】

ところが、例えば波長395 nmのデータは図5において最も寄与度が高かったのに対して、図6においては寄与度が低くなっている。このように、予測値が実測値よりも大きくなる方へ偏倚するのに寄与したデータが、必ずしも予測値が実測値よりも小さくなる方へ偏倚するのに寄与したデータであるとは限らない。またその逆も言える。

#### 【0083】

そこで、予測値が実測値よりも大きくなる方へ偏倚するデータの寄与度（第1の寄与度）と予測値が実測値よりも大きくなる方へ偏倚するデータの寄与度（第2の寄与度）との差を求め、寄与度の差が最も大きくなったデータから順に、次にPLS法により予測を行う際の光学データから取除く（重み係数を0にする）又は重み係数を小さくして予測結果への影響を小さくする。

#### 【0084】

このように重み係数を設定することにより、予測値が実測値よりも大きくなる方へ偏倚する場合のみならず、小さくなる方へ偏倚した場合も含めて予測結果を補正することができるので、全体として適切な重み係数を設定することができる。また第1の予測（予備予測）で予測精度に大きく影響を与えていた運転データほど第2の予測（本予測）では予測精度に与える影響を軽減することができる。

#### 【0085】

具体例として、図5に示す寄与度から図6に示す寄与度との差（ウエハNO. 24の寄与度－ウエハNO. 17の寄与度）を求めて棒グラフにしたものを図7に示す。図7に示す寄与度を大きい順に並べた表を図8に示す。図7、図8によれば、波長395 nmのデータが1位すなわち最も予測結果を悪くしたものであり、以下2位は波長380 nmのデータ、3位は波長230 nmのデータと続く。例えば、図8における1位～5位までの波長のデータを取除くには、これらに対応する重みベクトルFの成分である重み係数を0に設定すればよい。なお、光学データから取除く波長のデータの数として、最適な数の求め方は後述する

。

## 【 0 0 8 6 】

(第 2 の予測：本予測)

次に、重み係数を設定した重み付運転データと処理結果データに基づいて多変量解析を行って、再度、重み付運転データと処理結果データとの相関関係を求める（第 2 の解析工程、第 2 の解析手段）。次いで、求めた相関関係に基づいて、この相関関係を得たウエハ以外のウエハを処理した時の運転データを用いて処理結果を予測する（第 2 の予測工程、第 2 の予測手段）。

## 【 0 0 8 7 】

ここで、具体例として上述した重み付光学データと CD シフト量データとを用いて第 2 の予測を行った結果を図 9 ～図 1 4 を参照しながら説明する。ウエハ NO. 1 ～ウエハ NO. 1 5 までの重み係数設定後の重み付光学データと CD シフト量データとを用いて PLS 法により回帰式①を求め、1 6 枚目～3 0 枚目のウエハをエッチング処理したときの光学データを収集し、これを回帰式①に当てはめて CD シフト量の予測値を求めた。

## 【 0 0 8 8 】

図 9 は上述した飽和波長のデータのみを重み係数 0 として取除いた場合の予測値と実測値との関係を示しており、図 1 0 は飽和波長のデータ及び図 8 に示す 1 位の波長 3 9 5 n m のデータのみを重み係数 0 として取除いた場合の予測値と実測値との関係を示している。図 1 1 は飽和波長のデータ及び図 8 に示す 1 位～2 0 位の波長のデータのみを重み係数 0 として取除いた場合の予測値と実測値との関係を示しており、図 1 2 は飽和波長のデータ及び図 8 に示す 1 位～4 0 位の波長のデータのみを重み係数 0 として取除いた場合の予測値と実測値との関係を示している。

## 【 0 0 8 9 】

図 1 0 ～図 1 2 についてそれぞれ予測誤差（PE；Prediction Error）を算出した。この予測誤差 PE は、各ウエハの処理結果データの実測値から予測値を引算して 2 乗したものの総和を求め、これを処理したウエハ枚数で割算してその平方根を求めたものである。予測誤差 PE は 0 が最もよく、この値

が小さいほど実測値と予測値との誤差が少ないことを示す。

【0090】

また図10～図12について相関係数Rを算出した。ここで、相関係数とは、一般に、例えば2つの変数x, yの関係の強さを示す指標の1つであり、相関係数R<sub>x y</sub>は⑦式により表される。

【0091】

$$R_{xy} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x S_y}} = \frac{\sum (X_i - x)(Y_i - y)}{\sqrt{\sum (X_i - x)^2 (Y_i - y)^2}}$$

…⑦

【0092】

ここで、S<sub>x y</sub>は、共分散、S<sub>x</sub>, S<sub>y</sub>は標準偏差である。このような相関係数Rは1が最もよく、この値が大きいほどより相関があることを示す。従って、総合的には上記予測誤差P Eが0に近く、かつ相関係数Rが1に近いほど、予測精度がよいことになる。このような観点から図10～図12を見ると、図10～図12の順に予測誤差P Eの値が小さくなっており、またこの順に相関係数Rが1に近くなっている。従って、図10～図12の予測結果は、この順に向上していることがわかる。

【0093】

次に、光学データから削除した波長の数と相関係数Rとの関係を図13に示し、光学データから削除した波長の数と予測誤差P Eとの関係を図14に示す。図13, 図14の横軸には図8に示す順番で削除した波長の数をとっている。図13, 図14によれば、削除した波長の数が40くらいまでは、削除した波長の数が多いほど相関係数が1に近くなるとともに、予測誤差が小さくなっているため、予測結果が徐々によくなる傾向にある。そして、削除した波長の数が40を越えると、相関係数が小さくなるとともに、予測誤差が大きくなっているため、予測結果が徐々に悪くなる傾向にある。

【0094】

また、相関係数Rは、上述したように1に近いほど相関が強く、予測精度が向

上していると考えられる。ところが、データ数が多い場合とデータ数が少ない場合とでは相関係数  $R$  の値が同じであってもその信頼性が異なる。

#### 【0095】

そこで、光学データのうち、削除した波長の数をどの程度にすれば、信頼性が高く、最適な予測結果が得られるかを検討する。ここでは統計的な手法で相関係数  $R$  の検定を行う。

#### 【0096】

例えば統計的仮説検定により検定を行う。統計的仮説検定とは、一般に、検定しようとする事象に対する仮説を立てて、この仮説が正しいと判断したときの発生確率を実験データから適当な統計分布に基づく統計量を利用して求めるものである。この発生確率がめったに起きない確率かどうかを予め定めた非常に小さな確率（有意水準又は危険率ともいう）と比較して判断する。実験データから求めた発生確率が上記有意水準よりも小さい場合は、実験結果はめったに起きないことが発生したものと判断して仮説を棄却する。また、上記統計的仮説検定に先立ってたてる仮説は棄却することを前提としているので帰無仮説という。また仮説が棄却された場合に採用される仮説は対立仮説といい、通常は対立仮説を証明するのが検定の目的である。

#### 【0097】

上記相関係数  $R$  の検定は、統計量  $t$  が自由度 2 の  $t$  分布に従うことを利用して行う。検定の帰無仮説は「母集団の相関  $\rho_{xy} = 0$ （相関なし）」とする。上記統計量  $t$  は  $n$  をデータ数とすると次の⑧式により求める。

#### 【0098】

$$t = \frac{\sqrt{n-2}R_{xy}}{\sqrt{1-R_{xy}^2}} \quad \dots \textcircled{8}$$

#### 【0099】

設定した有意水準（危険率） $\alpha$  と自由度  $\phi = n - 2$  から  $t$  分布表により、棄却限界値を求める。統計値  $t$  が棄却限界値よりも大きいときは、相関係数  $R$  は有意

であり、信頼性が高いと判断することができる。なお、有意水準  $\alpha$  としては、一般に 1 ~ 10 % 内で採用されるが、通常は 5 % とすることが多い。有意水準  $\alpha$  をどの程度とするかは、例えば運転データの種類や処理結果データの種類などによって最も実用的な範囲で決定すればよい。

#### 【0100】

例えば本実施形態ではデータ数  $n$  はウエハ NO. 1 ~ NO. 15 までの 15 であるから、自由度  $\phi = 15 - 2 = 13$  となる。相関係数  $R$  について有意水準（危険率） $\alpha = 5\%$  の棄却限界値を求めると 0.497 となった。そこで、図 13 に示す統計値  $t$  である相関係数の棒グラフより、相関係数が 0.514 以上となる部分、すなわち光学データから削除した波長の数が 30 ~ 45 程度の場合が統計的に有意となり、有意水準（危険率） $\alpha = 5\%$  程度の高い信頼性が得られることがわかる。

#### 【0101】

このように、本発明においては、収集した運転データ例えば光学データを用いて第 1 の予測（予備予測）を行い、この第 1 の予測による予測結果に基づいて重み係数  $F(t)$  を設定して、重み付光学データとした上で、第 2 の予測（本予測）を行って予測値を算出する。これにより、光学データのうち第 1 の予測（予備予測）で予測結果に悪い影響を与えたデータ（例えば波長のデータ）の影響をなくして又は低減して第 2 の予測（本予測）を行うことができる。これにより、予測精度を向上させることができる。

#### 【0102】

なお、本実施形態では、運転データとして例えば波長の発光スペクトル強度などの光学データを使用しているが、トレースデータや V I プローブデータを用いてもよい。すなわち、トレースデータや V I プローブデータについても、第 1 の予測（予備予測）に基づいて重み係数を設定して、重み付運転データとして第 2 の予測（本予測）を行ってもよい。

#### 【0103】

上記トレースデータとしては、例えば各マスフローコントローラ 118C, 118F, 118I により計測されたガス流量, APCバルブ 101D による AP

C開度、電力計109aから検出された静電チャック108の印加電流、印加電圧のデータ、圧力計115Bにより検出されるバックサイドガスのガス圧力、整合器107Aにおける測定値（例えば整合状態での可変コンデンサC1、C2のポジション、高周波電力供給ライン（電線）と接地間の電圧Vdc）、電気計測器（VIプローブ）107Cにおける測定値（例えば高周波電力の進行波及び反射波など）が挙げられる。

#### 【0104】

VIプローブデータとしては、例えば電気計測器（VIプローブ）107Cにおける高調波の高周波電圧V、高周波電流I、高周波位相P、インピーダンスZが挙げられる。

#### 【0105】

また、本実施形態では、処理結果データとして例えばエッチング処理によって形成された形状の寸法など被処理体の加工寸法を用いている。これにより、計測に時間と手間がかかる加工寸法を精度よく予測することによって、加工寸法の監視を簡単に行うことができる。また被処理体の全枚数についても加工寸法を精度よく予測することができるため、適切な監視を行うことができる。

#### 【0106】

その他、処理結果データとしては、エッチング処理によるエッチングレートを用いてもよく、また処理室内の副生成物の膜厚、フォーカスリング110a等の部品の消耗量などの装置状態に関する装置状態データを用いてもよい。副生成物の膜厚、フォーカスリング110a等の部品の消耗量を装置状態データとして用いることにより、処理装置100のクリーニング時期やフォーカスリング110a等の部品の交換時期を予測することもできる。

#### 【0107】

また、ウエハWをエッチング処理する場合について説明したが、エッチング処理以外の成膜処理等の処理装置にも本発明を適用することができる。また、被処理体のウエハに制限されるものではない。

#### 【0108】

以上、添付図面を参照しながら本発明に係る好適な実施形態について説明した



が、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

#### 【0109】

例えば、第2の予測を行う前に、運転データの重み係数を設定する際は、同一の被処理体の運転データに対して異なる基準に基づいて重み係数を複数求め、各重み係数についての重み付運転データごとに多変量解析を行って処理結果を予測し、この予測結果の値が実際の処理結果の値と最も近いときの重み係数を設定するようにしてもよい。例えば本実施形態では、図4に示すウエハNO. 22のデータを基準として寄与度を求めて、この寄与度に基づいて重み係数を設定しているが、図4に示すウエハNO. 20やウエハNO. 28など複数のデータを基準として寄与度を求めて、この寄与度に基づいて複数の重み係数を設定するようにしてもよい。これにより、重み係数をより適切な値に設定することができ、予測精度も一層向上させることができる。

#### 【0110】

また、エッチングプラズマ装置としては、平行平板型プラズマエッチング装置に限られず、ヘリコン波プラズマエッチング装置、誘導結合型プラズマエッチング装置等に適用してもよい。

#### 【0111】

##### 【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、収集した運転データを用いて第1の予測（予備予測）を行い、この第1の予測による予測結果に基づいて重み係数を設定して、重み付光学データとした上で、第2の予測（本予測）を行って予測値を算出することにより、運転データのうち第1の予測（予備予測）で予測結果に悪い影響を与えたデータの影響をなくして又は低減して第2の予測（本予測）を行うことができる。これにより、処理結果の予測精度を向上させることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の実施形態にかかる処理装置を示す断面図である。

【図 2】

同実施形態における多変量解析装置の一例を示すブロック図である。

【図 3】

同実施形態におけるエッチング処理を行う膜構造の例を示す図。

【図 4】

同実施形態において光学データを用いて多変量解析装置により第 1 の予測を行って得られた予測値及び実測値を示す図である。

【図 5】

図 4 に示すウエハ NO. 24 における光学データの寄与度を棒グラフで示した図である。

【図 6】

図 4 に示すウエハ NO. 17 における光学データの寄与度を棒グラフで示した図である。

【図 7】

ウエハ NO. 24 における光学データの寄与度からウエハ NO. 17 における光学データの寄与度を引いたものを棒グラフで示した図である。

【図 8】

図 7 に示す寄与度を大きい順に並べて表にした図である。

【図 9】

同実施形態において重み付光学データを用いて多変量解析装置により第 2 の予測を行って得られた予測値及び実測値を示す図である。

【図 10】

同実施形態において重み付光学データを用いて多変量解析装置により第 2 の予測を行って得られた予測値及び実測値を示す図である。

【図 11】

同実施形態において重み付光学データを用いて多変量解析装置により第 2 の予測を行って得られた予測値及び実測値を示す図である。

【図 12】

同実施形態において重み付光学データを用いて多変量解析装置により第2の予測を行って得られた予測値及び実測値を示す図である。

【図13】

同実施形態において光学データから削除した波長の数と相関係数との関係を示す図。

【図14】

同実施形態において光学データから削除した波長の数と予測誤差との関係を示す図。

【符号の説明】

100	処理装置
101	処理室
101C	排気管
101D	バルブ
102	下部電極
102A	絶縁材
103	支持体
103A	冷媒流路
103B	ガス流路
104	シャワーヘッド
104	高周波電源
104	上部電極
104A	ガス導入部
104B	孔
104C	絶縁材
104D	整合器
104E	第1の高周波電源
105	ダイポールリング磁石
106	ゲートバルブ
107	第2の高周波電源

1 0 7 a	電力計
1 0 7 A	整合器
1 0 7 B	電力計
1 0 8	静電チャック
1 0 8 A	電極板
1 0 9	直流電源
1 0 9 a	電力計
1 1 0 a	フォーカスリング
1 1 1	排気リング
1 1 2	ボールネジ機構
1 1 3	ベローズ
1 1 4	冷媒配管
1 1 5	ガス導入機構
1 1 5 A	ガス配管
1 1 5 B	圧力計
1 1 7	配管
1 1 8	プロセスガス供給系
1 1 9	排気系
1 2 0	光学計測器
2 0 0	多変量解析装置
2 0 2	運転データ記憶部
2 0 4	処理結果データ記憶部
2 0 6	多変量解析プログラム記憶部
2 0 8	多変量解析処理部
2 1 0	多変量解析結果記憶部
2 2 0	入出力装置
2 5 0	高周波電源
3 0 0	膜構造
3 0 2	シリコン酸化膜

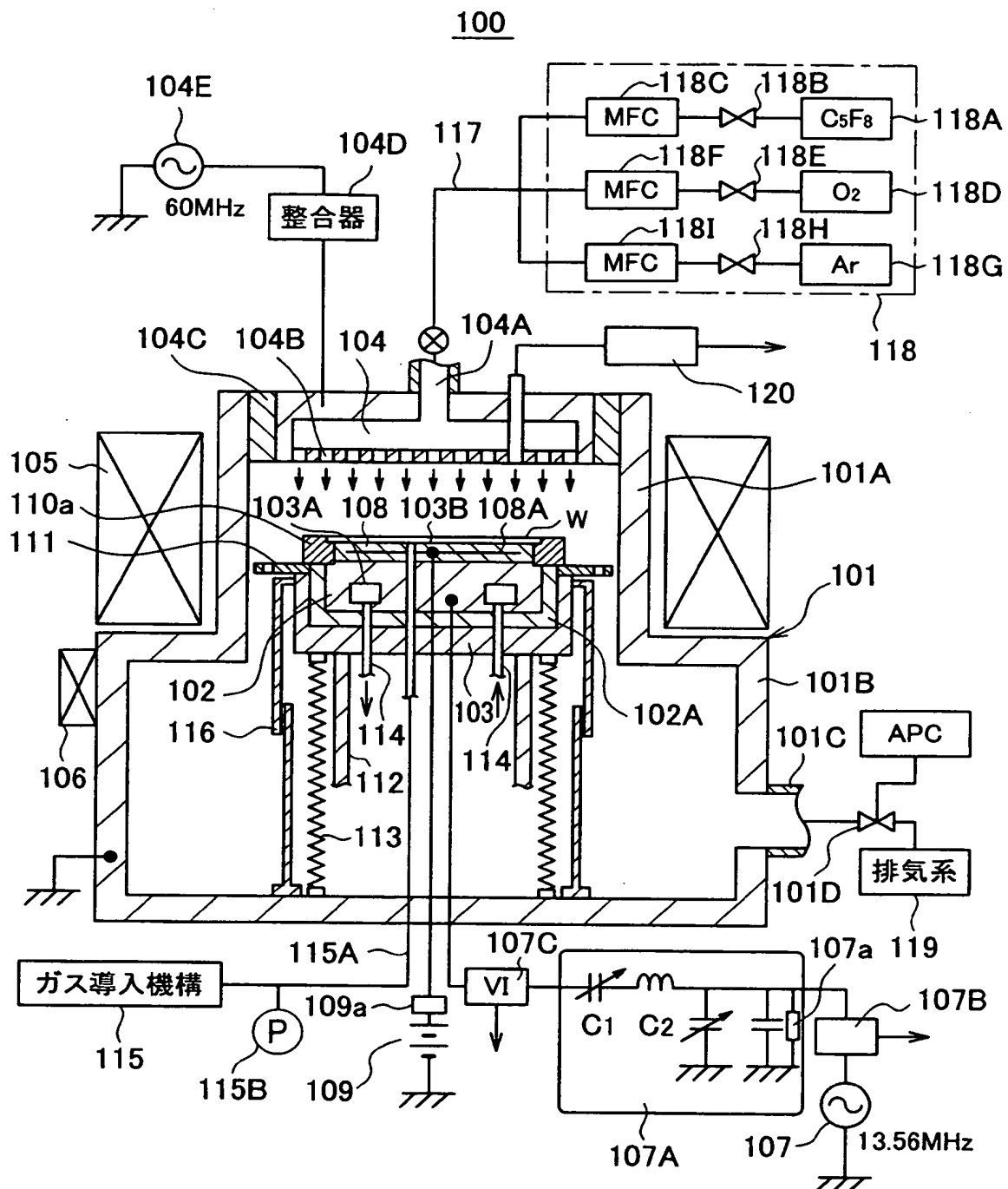
3 0 4 マスク層

3 0 6 ホール

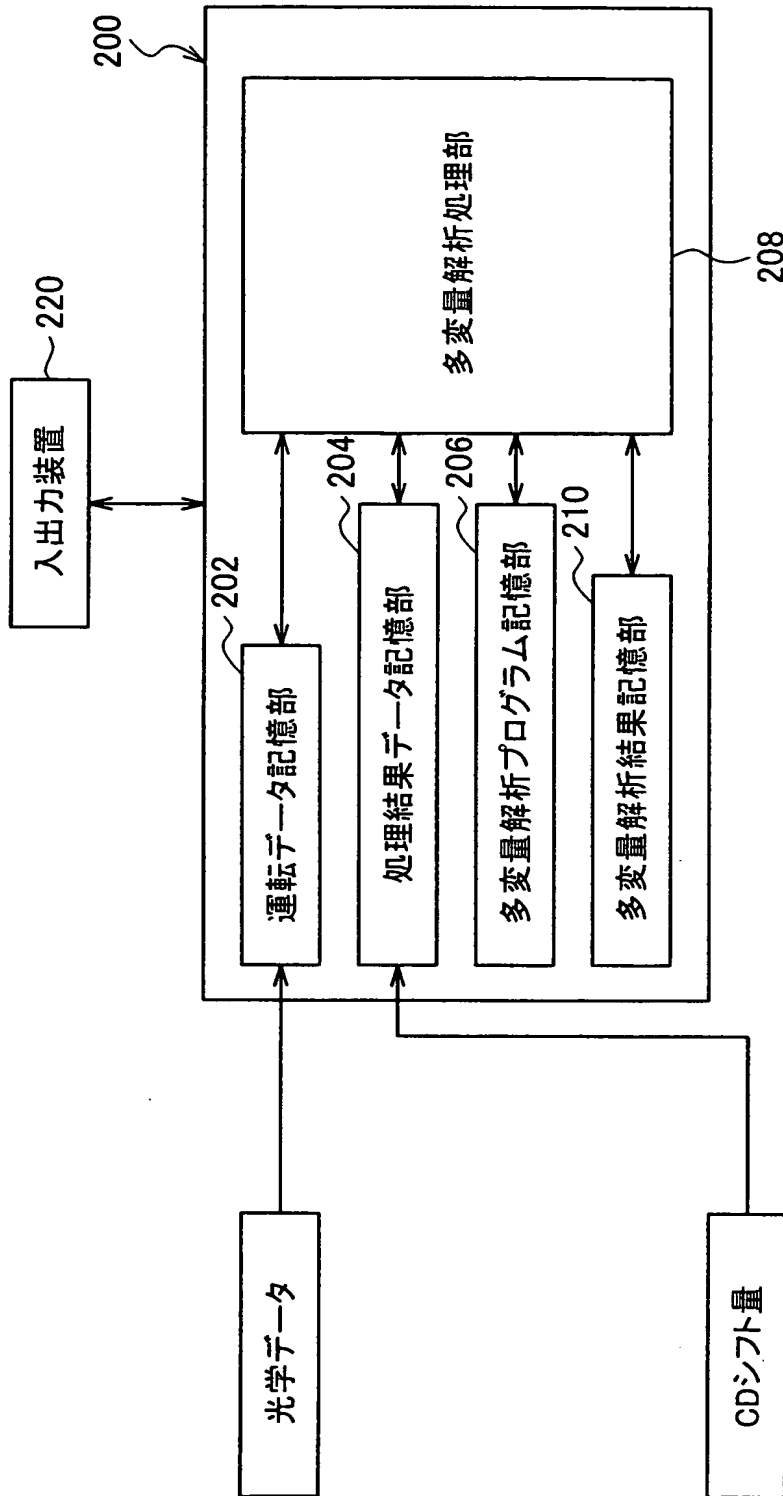
【書類名】

図面

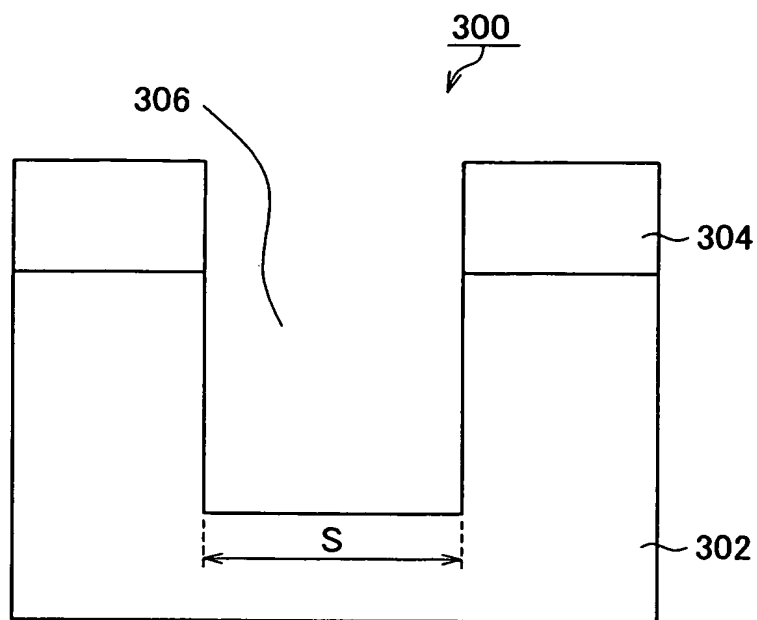
【図 1】



【図 2】

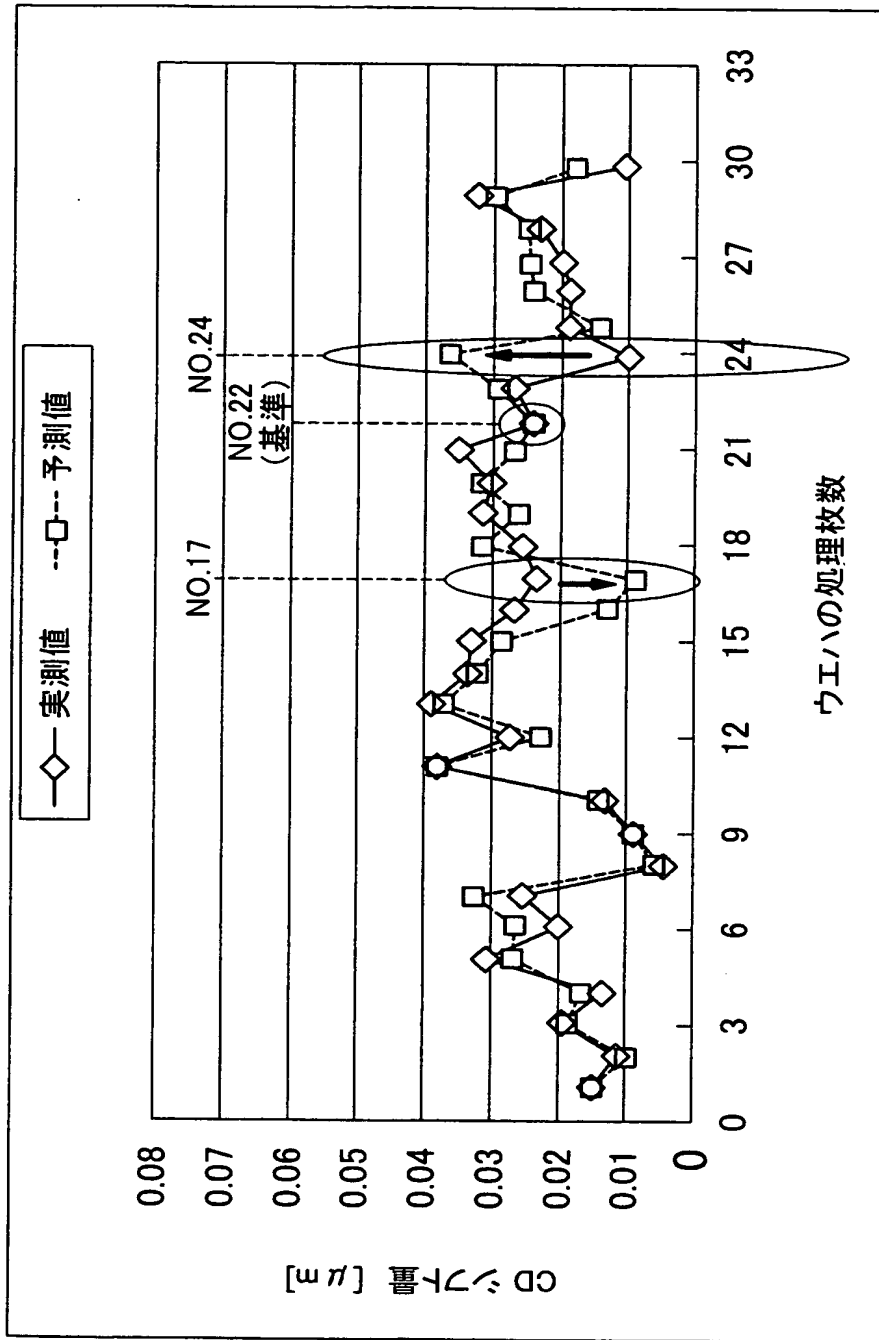


【図 3】

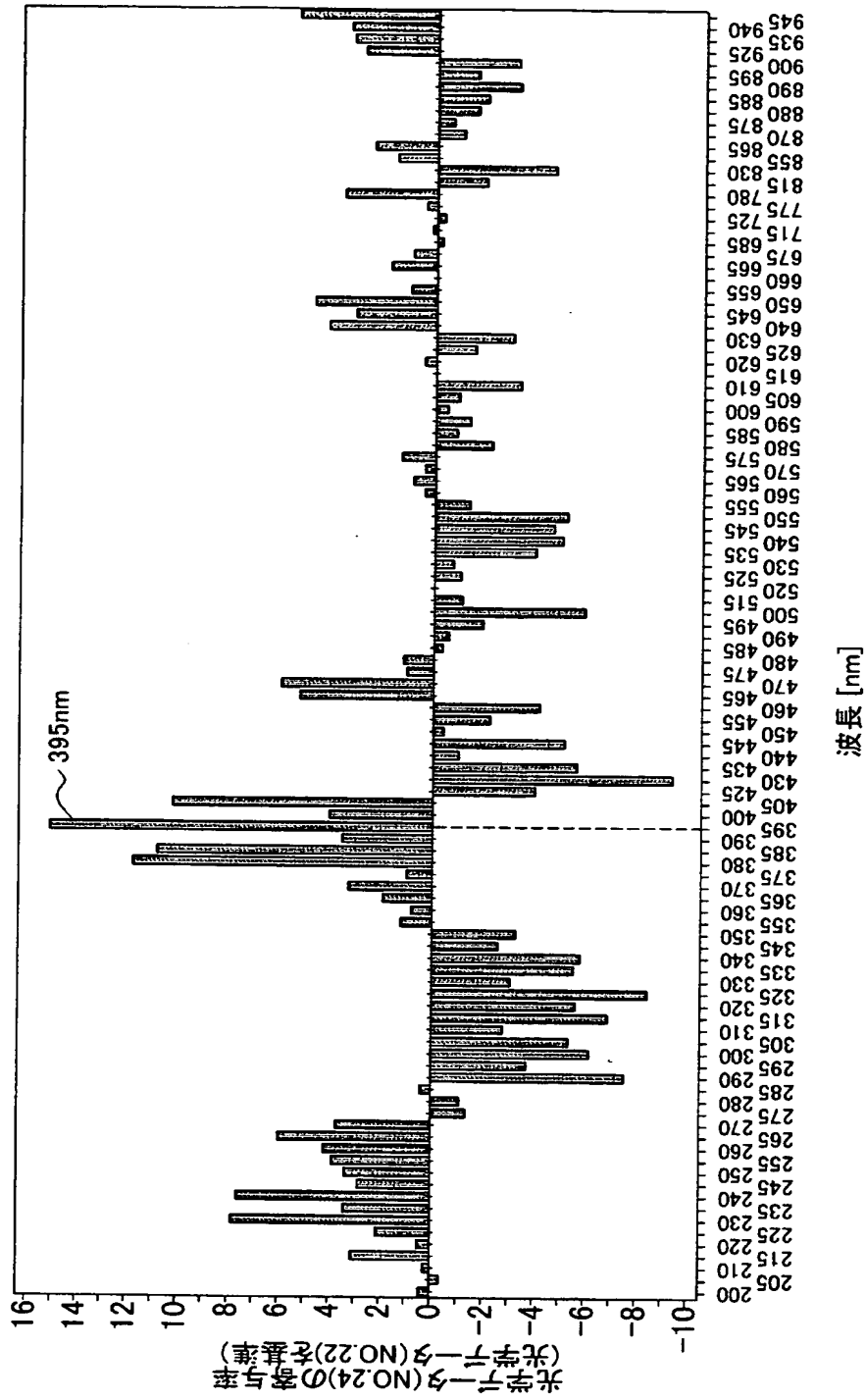




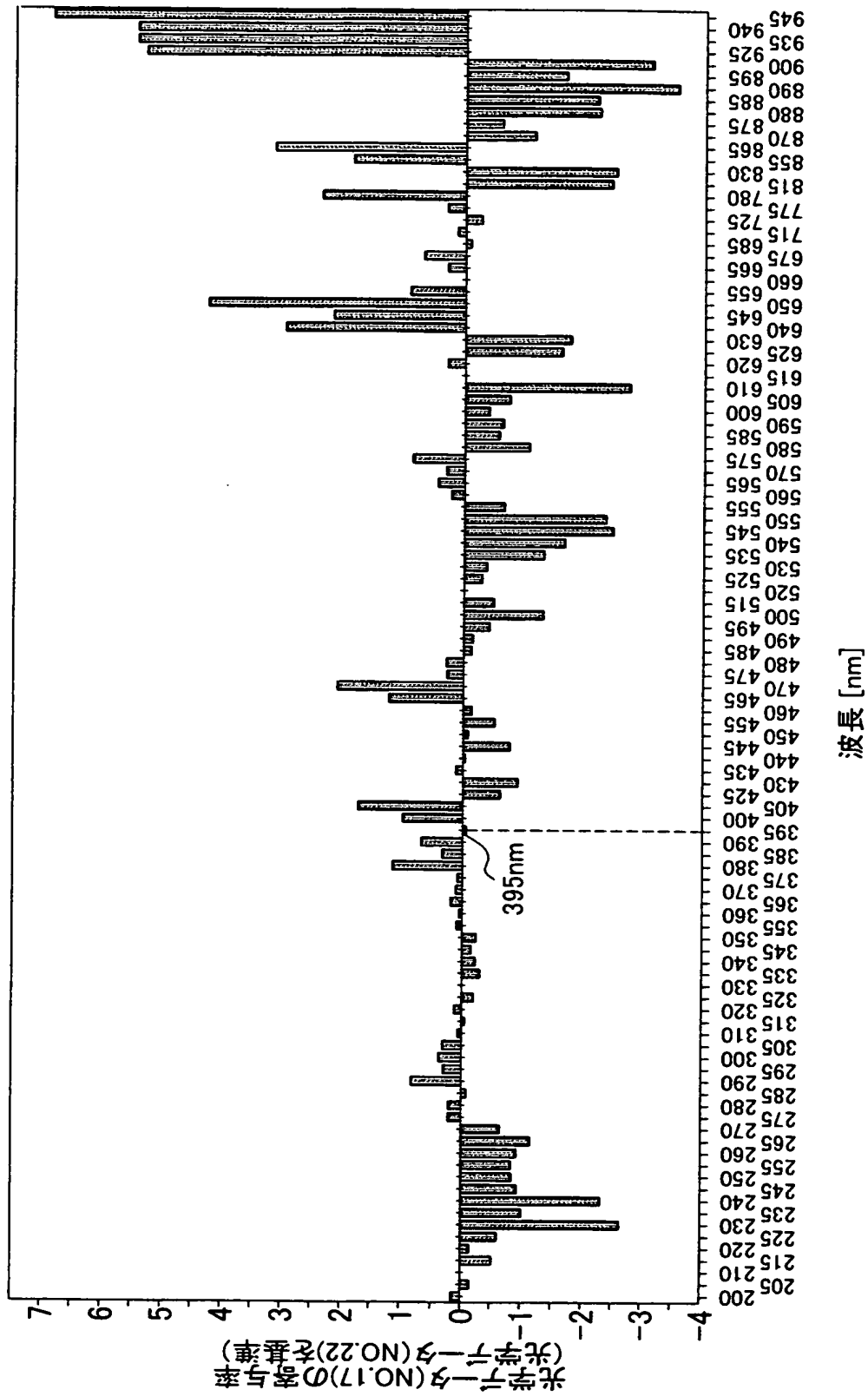
【図 4】



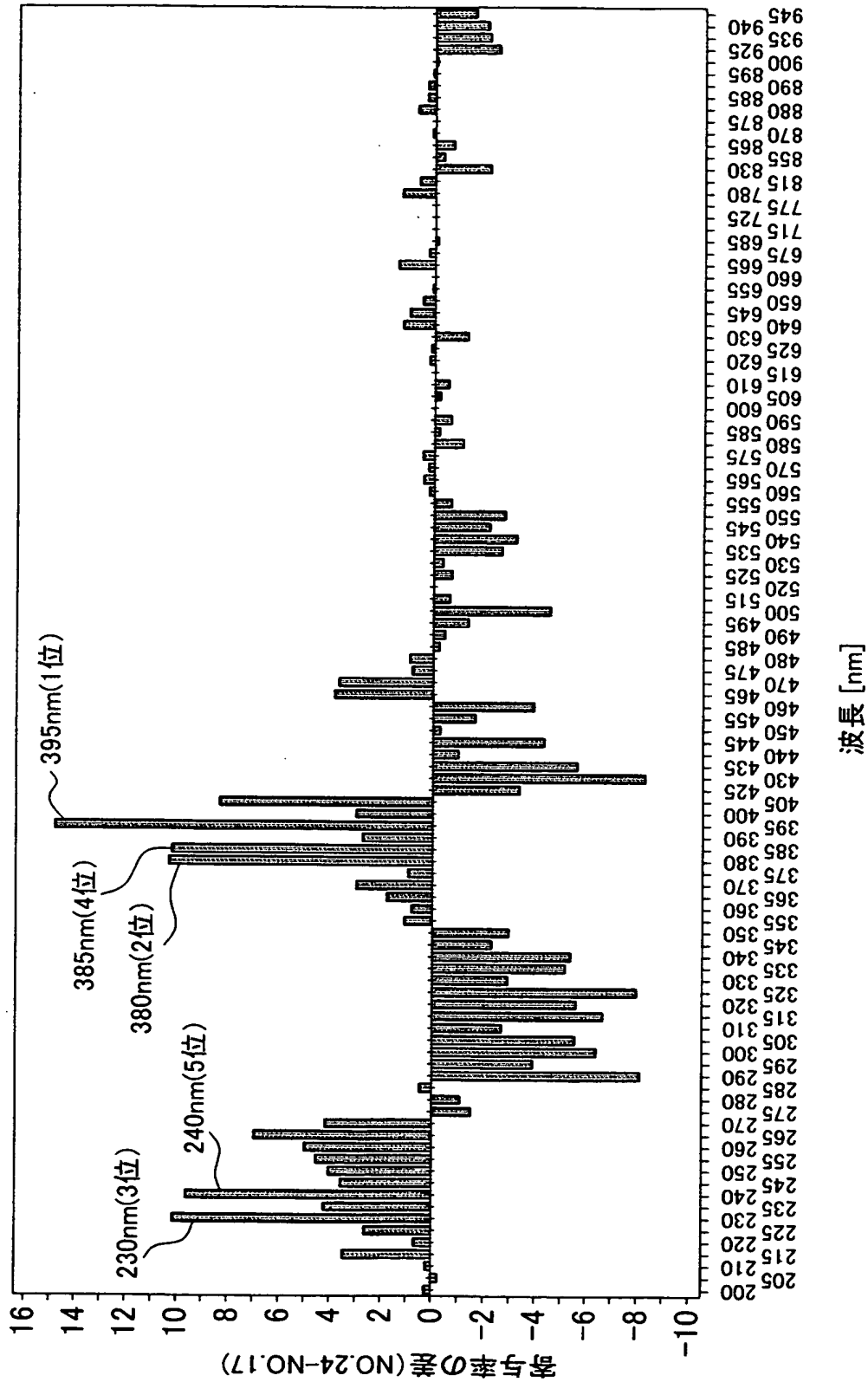
【図 5】



【図 6】



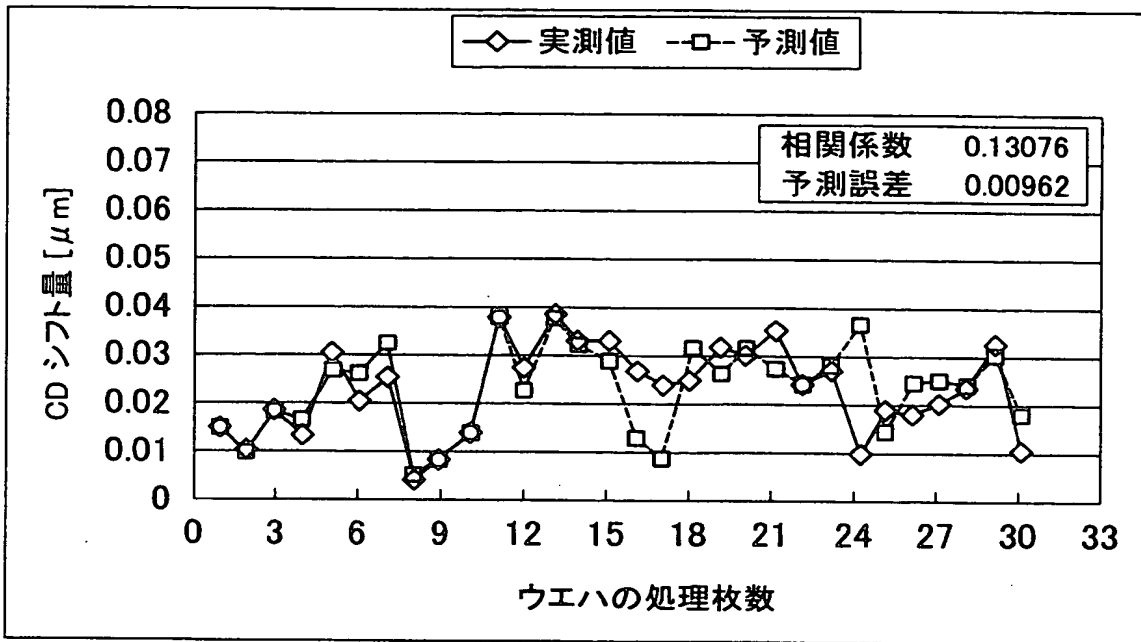
【図7】



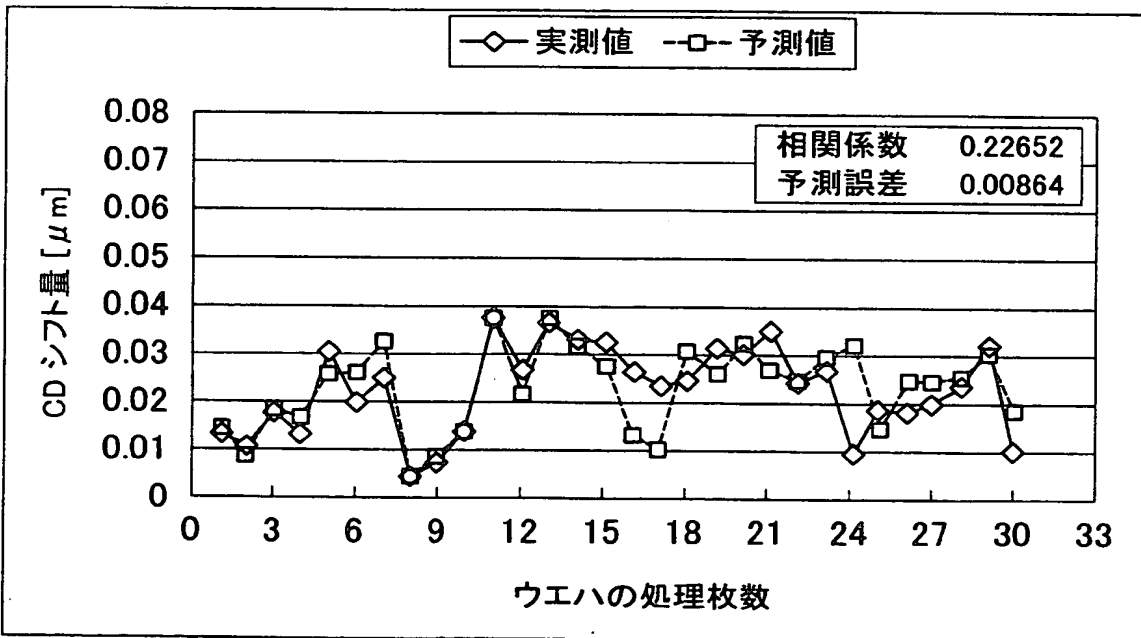
【図 8】

順位	波長	寄与率の差	順位	波長	寄与率の差
1	395	15.2	55	615	0
2	380	10.55	56	660	0
3	385	10.46	57	715	0
4	230	10.37	58	900	-0.02
5	240	9.81	59	685	-0.03
6	405	8.54	60	585	-0.15
7	265	7.07	61	485	-0.19
8	260	5.07	62	605	-0.21
9	255	4.62	63	205	-0.24
10	235	4.27	64	450	-0.31
11	270	4.24	65	855	-0.33
12	250	4.09	66	490	-0.39
13	465	3.95	67	530	-0.41
14	470	3.82	68	610	-0.53
15	245	3.64	69	515	-0.6
16	215	3.52	70	555	-0.67
17	370	3.05	71	590	-0.67
18	400	3	72	525	-0.71
19	390	2.79	73	865	-0.74
20	225	2.65	74	440	-0.97
21	365	1.78	75	580	-1.08
22	665	1.48	76	630	-1.22
23	780	1.31	77	280	-1.26
24	640	1.19	78	495	-1.39
25	355	1.08	79	945	-1.45
26	645	0.98	80	275	-1.57
27	375	0.91	81	455	-1.7
28	480	0.89	82	940	-2.04
29	475	0.76	83	830	-2.09
30	360	0.74	84	935	-2.17
31	880	0.64	85	545	-2.18
32	220	0.6	86	345	-2.42
33	815	0.59	87	925	-2.56
34	575	0.49	88	535	-2.7
35	650	0.47	89	310	-2.8
36	285	0.42	90	550	-2.81
37	565	0.41	91	350	-3.06
38	890	0.27	92	330	-3.1
39	885	0.26	93	540	-3.3
40	620	0.23	94	425	-3.46
41	675	0.2	95	460	-3.97
42	200	0.19	96	295	-4.01
43	210	0.17	97	445	-4.37
44	560	0.15	98	500	-4.6
45	570	0.14	99	335	-5.27
46	870	0.11	100	340	-5.56
47	895	0.11	101	305	-5.73
48	655	0.1	102	320	-5.75
49	625	0.07	103	435	-5.83
50	875	0.05	104	300	-6.57
51	775	0.02	105	315	-6.87
52	520	0.01	106	325	-8.16
53	725	0.01	107	290	-8.31
54	600	0	108	430	-8.48

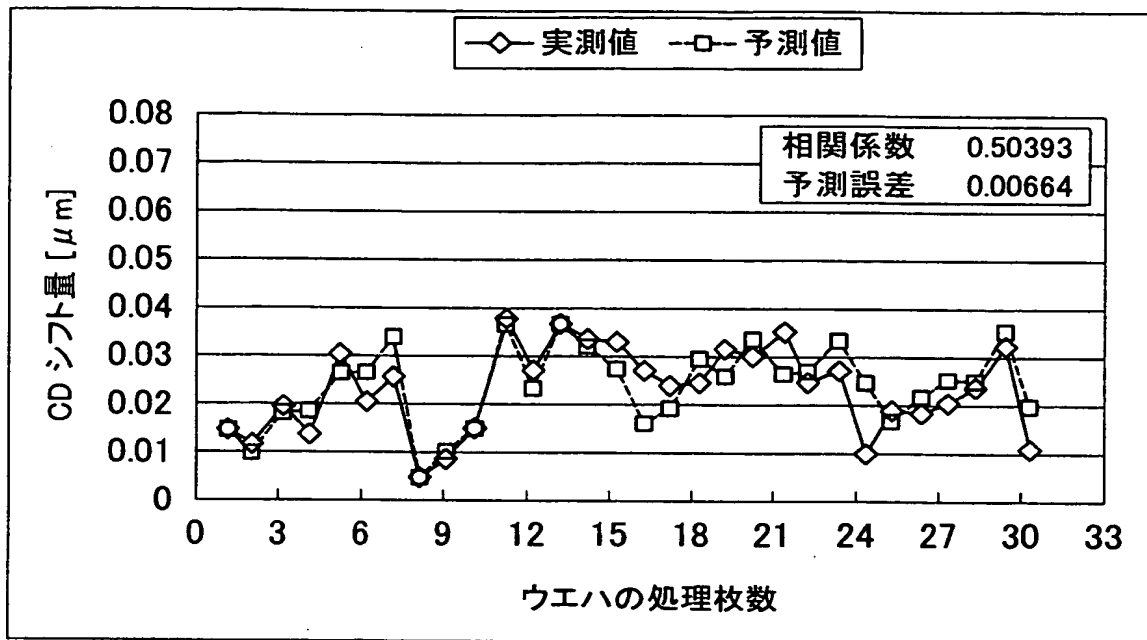
【図 9】



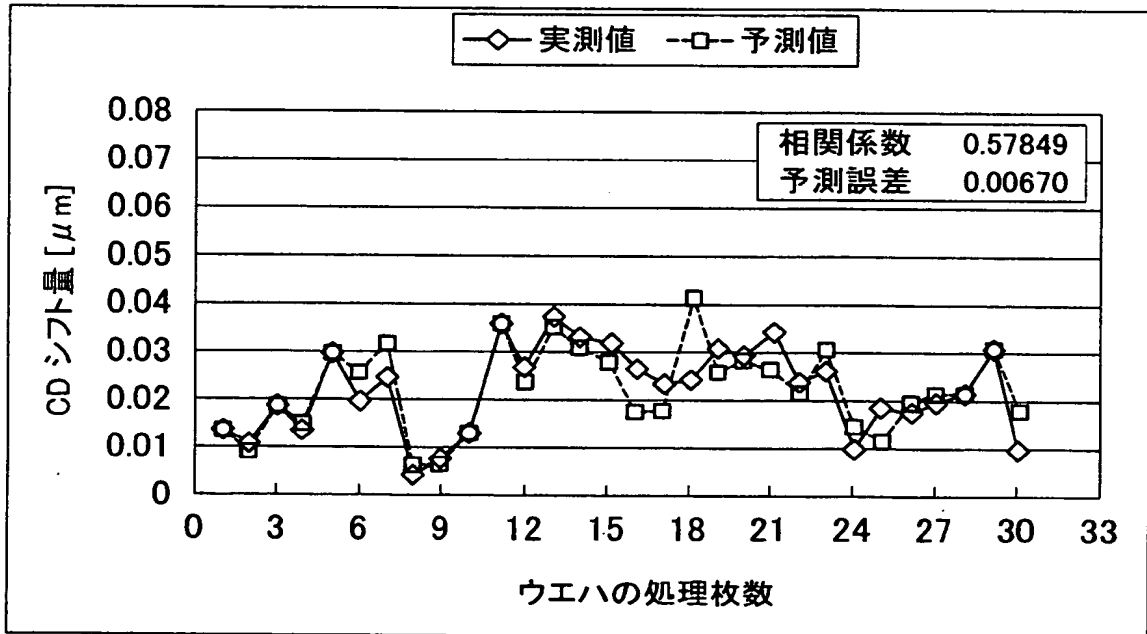
【図 10】



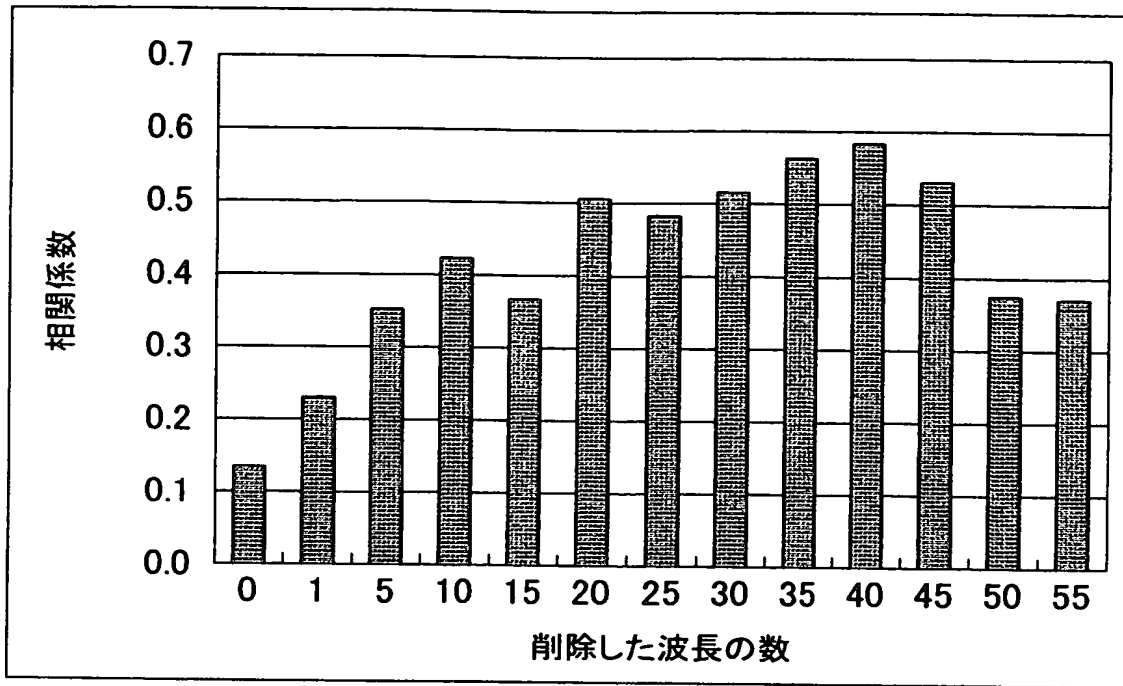
【図 1 1】



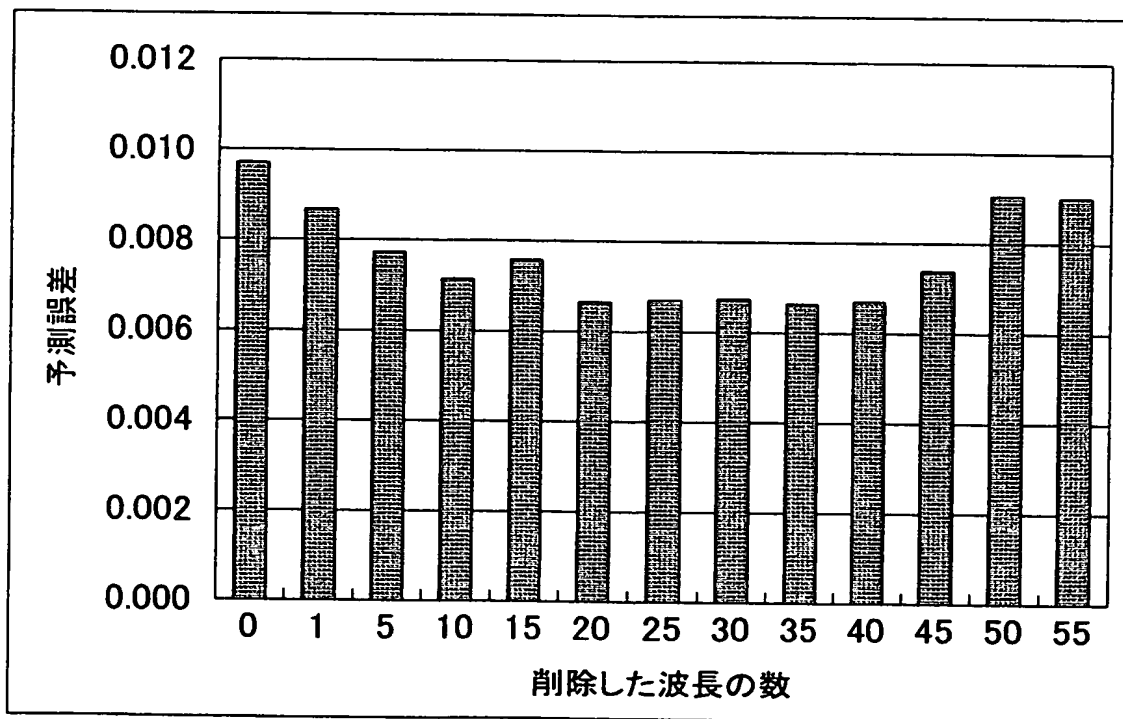
【図 1 2】



【図 13】



【図 14】







【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 エッチング処理したウエハの処理結果を予測する際の予測精度を向上させる。

【解決手段】 ウエハの各処理ごとに得られる運転データ例えば光学データと処理結果データ例えばCDシフト量のデータを収集し、この光学データとCDシフト量のデータに基づいて多変量解析例えばPLS法によって相関関係（回帰式）を求め、他の被処理体を処理した時の光学データを用いて処理結果であるCDシフト量を予測し（第1の予測工程）、この予測結果に基づいて、光学データに対する重み係数を設定して重み付光学データとし、重み付光学データとCDシフト量のデータに基づいてPLS法によって相関関係（回帰式）を求め、他の被処理体を処理した時の光学データを用いて処理結果を予測する（第2の予測工程）。

【選択図】 図2



特願 2 0 0 3 - 0 6 7 1 1 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 2 1 9 9 6 7 ]

1. 変更年月日 1 9 9 4 年 9 月 5 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区赤坂5丁目3番6号  
氏 名 東京エレクトロン株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 4 月 2 日  
[変更理由] 住所変更  
住 所 東京都港区赤坂五丁目3番6号  
氏 名 東京エレクトロン株式会社